

POLIESTER TAK JENUH SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN HELM PENGAMAN (UNSATURATED POLYESTER AS A RAW MATERIAL IN THE PREPARATION OF SAFETY HELMET)

Sri Nadilah¹⁾, Isananto Winursito¹⁾, Sri Wahyuni¹⁾, Sri Budiasih¹⁾, dan Christiana MHP¹⁾

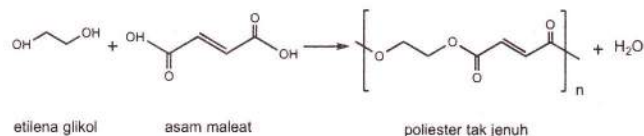
ABSTRACT

Unsaturated polyester is applied in many products such as aircraft sections, boats, building panels, automotive accessories and modifications, etc. In this research, unsaturated polyester was used as a raw material, which was reinforced with a fiberglass mat, and casted in a silicon rubber mold. The concentrations of methyl ethyl ketone peroxide (1-3 phr) as an initiator and cobalt naphtanate (0-2 phr) as an accelerator were used in the preparation of safety helmet. Subsequently, the effects of the compounds to the reaction time, the brittleness of the products, and the physical properties, were studied. The results showed that the compound composed by 100 phr unsaturated polyester, 2 phr methyl ethyl ketone peroxide, 2 phr cobalt naphtanate, 40 phr silica, 20 phr fiberglass mat and 1 phr pigment was not brittle, had a good reaction time and nonflammable, gave 4.82 mm in resistance to penetration, and the deflection of A and B were 4.5 and 0.0 mm, respectively.

Key words: unsaturated polyester, safety helmet, methyl ethyl ketone peroxide, cobalt-naphtenate.

PENDAHULUAN

Poliester tak jenuh merupakan resin sintetik yang tersusun dari rantai lurus, yang dihasilkan dari reaksi glikol dengan asam difungsional seperti asam maleat, asam adipat, dll (Gambar 1). Penggunaan umum dari poliester tak jenuh ini adalah untuk impregnasi *fiberglass* yang selanjutnya dicetak menjadi bentuk yang diinginkan dengan proses ikatan silang menjadi produk plastik yang bersifat lebih ringan dari pada aluminium, atau dapat lebih kuat dari pada baja, tahan korosi, tahan karat, tahan bahan kimia, dan dengan penambahan bahan penghambat nyala api akan memberikan sifat tidak mudah terbakar. (Odian, 1981).



Gambar 1. Sintesa poliester tak jenuh dari etilena likol dan asam maleat

Resin poliester tak jenuh pada suhu kamar berwujud cairan yang *viscous* dengan kekentalan 200-2000 centi stroke, dan biasanya terdapat dalam larutan stirena. Pembuatan barang dari poliester tak jenuh memerlukan penambahan bahan aditif, misalnya senyawa-senyawa peroksida sebagai inisiator. Penambahan inisiator tersebut bertujuan untuk memfasilitasi terbentuknya radikal bebas yang akan mereaksikan stirena dengan rantai karbon berikatan rangkap yang terdapat dalam poliester tak jenuh. Pemberian inisiator pada poliester tak jenuh juga akan mempercepat proses penguapan pada saat pembuatan barang. Penggunaan aselerator (misalnya: kobalt naftanat) akan semakin mengaktifkan reaksi, sehingga reaksi pembentukan ikatan silang antara poliester tak jenuh dan stirena dapat berlangsung semakin cepat (Driver, 1979).

Pemakaian serat pada plastik-diperkuat (reinforced plastics) dapat menaikkan sifat-sifat fisika pada produk plastik yang dibuat. Serat penguat plastik yang digunakan dapat berasal dari kaca, asbes, kertas, katun atau nilon. Diantara berbagai model penganyaman dan bahan dasar serat penguat, *fiberglass mat* paling banyak digunakan karena memberikan penguatan secara acak, harganya murah dan mudah didapat. Di Indonesia, saat ini poliester tak jenuh makin banyak dipakai untuk pembuatan barang kerajinan, pelapisan perahu, perbaikan dan modifikasi di bidang otomotif, dll (Anonim, 2001a).

¹⁾Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik

Helm pengaman merupakan perlengkapan yang sangat penting untuk melindungi kepala dari benturan, atau kejatuhan benda keras yang membahayakan keselamatan manusia. Helm pengaman yang beredar di pasaran kebanyakan dibuat dari bahan polietilena atau polikarbonat dan diproses secara cetak injeksi, sehingga memerlukan investasi tinggi. Di lain pihak, bahan poliester tak jenuh sangat mudah diproses, tidak memerlukan mesin dengan investasi tinggi, dan cetakan/*mold*-nya sederhana, sehingga industri kecil dan industri rumah tangga dapat menggunakannya sebagai bahan pembuatan produk plastik. Untuk material cetakan dapat digunakan bahan karet silikon, kayu, gips, atau poliester tak jenuh itu sendiri.

Dalam penelitian ini dilakukan pembuatan helm pengaman dari bahan dasar poliester tak jenuh dengan beberapa variasi konsentrasi bahan metil etil keton peroksida sebagai inisiator dan kobalt naftanat sebagai aselerator, dengan tujuan untuk mendapatkan formulasi yang baik, berkaitan dengan sifat-sifat reaksi dan sifat produk yang dihasilkan.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan

Resin poliester tak jenuh, metil etil keton peroksida (MEK peroksida), kobalt naftanat (Co-naftanat), $Mg_3(OH)_2Si_4O_{10}$, *fiberglass mat*, bahan pewarna dan gips diperoleh dari penjual bahan-bahan yang biasa dipakai oleh industri pembuat barang dari poliester tak jenuh di Yogyakarta. Karet silikon menggunakan

Rhodosil RTV 582, dari Rhodia Silicones, Shanghai Co. Ltd., dan wax sebagai bahan anti lengket pada cetakan (*releasing agent*) digunakan wax produksi PT Sara Lee Household Indonesia, Jakarta.

Peralatan

Untuk proses penyelesaian digunakan alat penggosok, alat slab, amplas nomor 400 dan 1000. Pengujian ketahanan penetrasi dan kekuatan sungkup helm menggunakan suatu beban terbuat dari bahan stainless steel seberat 2 kg berbentuk silinder berdiameter 32 mm dengan ujung berbentuk kerucut bersudut 60°. Dalam pengujian kekakuan digunakan penekanan dengan mekanisme tekan berdasar ulir dan pengukuran tekanan dengan Nagata digital scale berkapasitas 100 kg dengan ketelitian 20 g.

Cara penelitian

1. Formulasi Kompon

Dalam penelitian ini dibuat beberapa variasi konsentrasi inisiator dan aselerator (Tabel 1), untuk mempelajari pengaruh jumlah penggunaannya terhadap waktu reaksi dan kualitas produknya.

2. Pembuatan Helm Pengaman

Sebagai langkah persiapan, *fiberglass mat* ditimbang, dibuat lembaran satu lapis supaya pada saat ditempelkan dapat menghasilkan ketebalan yang merata. Karena bahan-bahan seperti poliester tak jenuh, MEK peroksida dan Co-naftanat berwujud cair dan bersifat volatil, maka masing-masing bahan

Tabel 1. Formulasi kompon sungkup helm

No	Bahan (phr)	Kode formulasi *)								
		F10	F11	F12	F20	F21	F22	F30	F31	F32
1	Poliester tak jenuh	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	MEK peroksida	1	1	1	2	2	2	3	3	3
3	Co-naftanat	-	1	2	-	1	2	-	1	2
4	<i>Fiberglass mat</i>	20	20	20	20	20	20	20	20	20
5	$Mg_3(OH)_2Si_4O_{10}$	40	40	40	40	40	40	40	40	40
6	Pigmen	1	1	1	1	1	1	1	1	1

*) : Angka pertama setelah kode huruf menyatakan phr MEK peroksida yang digunakan sebagai inisiator, dan angka kedua menyatakan phr Co-naftanat yang digunakan sebagai akselerator.

tersebut ditimbang dalam wadah plastik, dan sesegera mungkin diproses untuk menghindari terjadinya penjendalan prematur yang tidak dikehendaki.

Formulasi F12 digunakan sebagai representasi cara pembuatan kompon. Poliester tak jenuh sebanyak 400 g, 160 g $Mg_3(OH)_2Si_4O_{10}$ dan 4 g pigmen dicampur terlebih dulu dan diaduk sampai homogen. Kemudian ditambahkan 8 ml aselerator dan diaduk kembali. Setelah itu ditambahkan 4 ml MEK peroksida, diaduk sampai homogen. Kompon ini dituang ke dalam cetakan yang telah dilapisi dengan wax, kemudian cetakan diputar perlahan-lahan sampai adonan yang dituang melapisi seluruh permukaan cetakan secara merata. Adonan dibiarkan dulu sampai hampir mengental, kemudian *fiberglass mat* ditempelkan ke seluruh permukaan adonan sehingga *fiberglass mat* tersebut menempel dan menyatu dengan adonan. Sisa adonan dioleskan ke atas *fiberglass mat* sambil ditekan-tekan sampai diperoleh permukaan yang merata. Setelah reaksi selesai, diindikasikan dengan hasil cetakan yang benar-benar telah kering dan mengeras, hasil cetakan ini dilepas perlahan-lahan dari cetaknya. Bagian tepi sungkup helm pengaman dirapikan dengan gunting dan gerinda, kemudian dilakukan pengamplasan dengan menggunakan amplas nomor 400 dan amplas kedua nomor 1000 supaya permukaannya benar-benar halus.

3. Pengujian

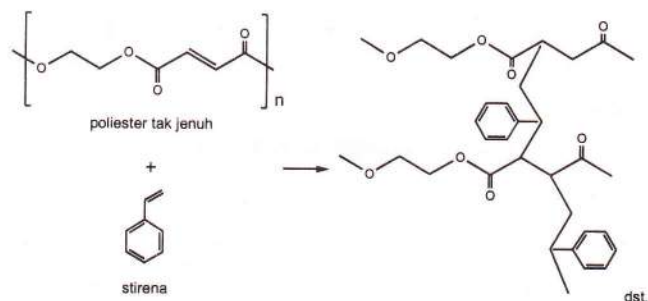
Helm pengaman yang dihasilkan diuji secara organoleptis dan fisik. Tolok ukur diambil dari beberapa standar luar negeri, karena Standar Nasional Indonesia belum mempunyai standar mutu dan standar cara uji untuk helm pengaman kerja.

Pada pengujian ketahanan penetrasi, beban dijatuhkan dari ketinggian 60 cm dalam daerah radius 6,5 mm dari sumbu vertikal kepala uji, kemudian dilakukan pengukuran jarak antara ujung kerucut dengan permukaan helm. Untuk pengujian kekakuan, helm diletakkan di antara plat atas dan bawah alat uji kekakuan helm, dan diberi beban awal 3 kg selama 2 menit. Setelah jarak antar plat diukur, beban/tekanan ditambah 10 kg setiap 2 menit sampai tekanan menjadi 60 kg. Dua menit kemudian jarak antar plat diukur kembali. Kemudian beban dikurangi hingga 3 kg, dan setelah 5 menit jarak antar plat diukur kembali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Waktu Reaksi

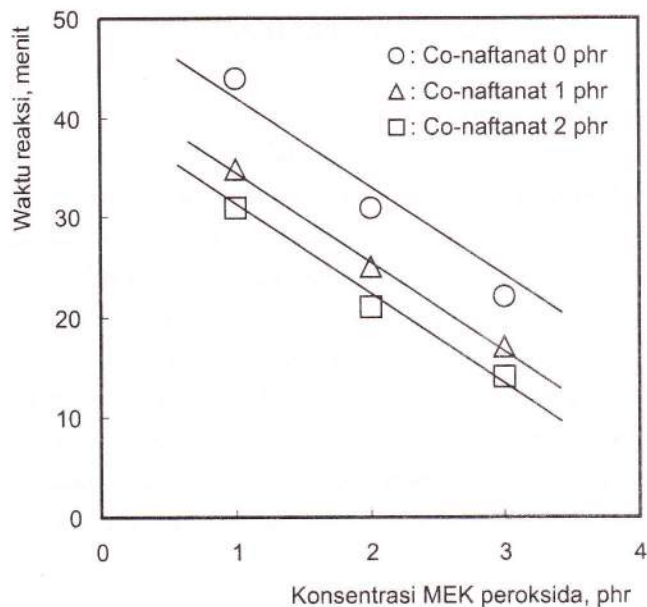
Reaksi antara poliester tak jenuh dengan stirena berlangsung segera setelah ditambahkan inisiator. Inisiator akan menginisiasi polimerisasi rantai radikal dengan memecah ikatan rangkap atom karbon pada rantai poliester tak jenuh yang kemudian berikatan dengan stirena membentuk suatu ikatan silang (Gambar 2) yang memadat dan bersifat keras (Driver, 1979). Jika terdapat aselerator dalam suatu formulasi, maka aselerator tersebut akan menyebabkan terjadinya dekomposisi inisiator, sehingga akan menaikkan kecepatan inisiasi pada proses polimerisasi (Billmeyer, 1984). Inisiasi polimerisasi dan mekanisme reaksi ini sekaligus meluruskan konsep yang berkembang sampai saat ini pada masyarakat industri perplastikan, khususnya di bidang poliester tak jenuh, yang menganggap bahwa senyawa-senyawa peroksida merupakan suatu katalisator (Anonim, 2001b, Anonim, 2002).



Gambar 2. Pembentukan ikatan silang (cross link) antara poliester tak jenuh dengan stirena

Gambar 3 menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi MEK peroksida menurunkan waktu reaksi, dan penggunaan 1, 2 dan 3 phr MEK peroksida masing-masing menunjukkan penurunan waktu reaksi yang berbeda nyata.

Pemakaian akselerator Co-naftanat yang mendekomposisi MEK peroksida juga akan berakibat menaikkan kecepatan reaksi. Pada pemakaian 1 phr Co-naftanat, tampak terjadinya perbedaan yang nyata terhadap waktu reaksi jika dibandingkan dengan tanpa penggunaan aselerator. Penambahan konsentrasi Co-naftanat menjadi 2 phr juga menurunkan waktu reaksi, bahkan penambahan Co-naftanat 2 phr terhadap MEK



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi MEK peroksida dan Co-naftanat terhadap waktu reaksi antara poliester tak jenuh dan stirena.

peroksida 3 phr menunjukkan waktu reaksi tercepat yaitu 15 menit, meskipun hasil reaksi ini menjadi bersifat rapuh. Hal ini terjadi karena reaksi ikat silang antara poliester tak jenuh dengan stirena bersifat eksotermis, sehingga panas yang dihasilkan dapat mengakibatkan terjadinya hasil reaksi yang secara fisis

dengan konsentrasi 2 phr menunjukkan hasil yang secara fisis tidak mengalami kerapuhan. Di lain pihak, para pengguna teknologi ini dilaporkan menggunakan Co-naftanat sampai konsentrasi 2,5 phr tanpa terjadi kerapuhan (Anonim, 2001c). Dengan demikian, tampaknya komposisi konsentrasi MEK peroksida dan Co-naftanat yang optimal maupun penggunaan bahan aditif yang lain masih perlu dipelajari untuk memperoleh kecepatan reaksi yang lebih tinggi tanpa terjadi kerapuhan, agar dapat meningkatkan kecepatan produksi pada industri poliester tak jenuh.

2. Pengamatan organoleptis dan dimensi

Pemberian $Mg_3(OH)_2Si_4O_{10}$ berfungsi untuk mengurangi terjadinya pengkerutan dan sekaligus bersifat memperbaiki kekuatan (Driver, 1979), sehingga kemungkinan terjadinya pengkerutan setelah pengeringan dapat diabaikan. Tabel 2 secara umum menunjukkan bahwa jumlah penggunaan MEK peroksida dan Co-naftanat tidak berpengaruh pada dimensi, yang meliputi tinggi, lingkaran dalam, maupun berat helm. Tabel 2 juga menunjukkan bahwa tinggi helm rata-rata dari hasil penelitian adalah 140,35 mm, atau mempunyai toleransi $\pm 0,25\%$, dibandingkan dengan master helmnya.

Tabel 2. Pengamatan visual dan dimensi helm pengaman dari poliester tak jenuh yang dibuat dengan berbagai formulasi kompon

Syarat Mutu	Kode formulasi									Rata-rata	Master helm
	F10	F11	F12	F20	F21	F22	F30	F31	F32		
Pengamatan hasil cetakan	tidak rapuh	tidak rapuh	agak rapuh	tidak rapuh	tidak rapuh	agak rapuh	agak rapuh	agak rapuh	rapuh	rapuh	
Tinggi (mm)	141,4	140,5	140,7	141,8	141,4	140,7	139,4	139,4	137,9	140,35	140,0
Lingkaran dalam (mm)	665,2	667,5	664,3	664,5	667,1	666,6	667,1	668,4	663,9	666,07	668,4
Berat (g)	382,1	409,8	349,2	370,5	297,4	351,3	353,2	345,6	354,7	357,09	266,3

cenderung rapuh. Penambahan 1 phr Co-naftanat pada kompon dengan konsentrasi MEK peroksida 3 phr telah menunjukkan produk yang agak rapuh (Tabel 2), dan penambahan Co-naftanat dalam konsentrasi yang lebih besar (2 dan 3 phr) pada kompon dengan konsentrasi MEK peroksida relatif besar (3 phr) menghasilkan produk yang rapuh. Meskipun demikian pemakaian MEK peroksida dan Co-naftanat sampai

Lingkar dalam helm hasil penelitian rata-rata sebesar 666,07 mm, lebih kecil 2,33 mm (mempunyai toleransi 0,35%) dari master helmnya. Mengenai terdapatnya perbedaan ukuran tinggi maupun lingkaran dalam dengan toleransi yang kecil dari semua sungkup helm hasil penelitian, hal ini lebih disebabkan karena pembuatannya dengan metoda cetak tuang yang dilakukan secara manual, sehingga sulit untuk

mendapatkan produk dengan tingkat presisi yang sangat tinggi seperti halnya pada pembuatan produk dengan metoda cetak injeksi.

Berat helm hasil penelitian rata-rata adalah 357,09 g dengan kisaran berat yang cukup lebar. Rata-rata berat ini berbeda nyata dengan berat master helm karena penggunaan *fiberglass mat* dan teknologi pembuatannya yang manual sulit untuk mendapatkan produk dengan ketebalan seperti pada cetak injeksi. Meskipun demikian dari faktor berat ini, kecuali F11, semua helm hasil penelitian memenuhi syarat mutu standar industri ISO 3873-1977: Industrial Safety Helmets, yang menetapkan bahwa berat sungkup helm pengaman tidak boleh lebih dari 400 g. Kelebihan dari berat yang dipersyaratkan akan berpengaruh pada kenyamanan pakai. Semakin berat sungkup helm pengaman, semakin tidak nyaman dalam pemakaiannya.

sungkup helm pengaman menunjukkan bahwa kedalaman penetrasi dari semua formulasi memenuhi persyaratan mutu dari tolok ukur JIS T 8131-1977: Safety Helmets, yaitu kurang dari 10 mm. Semakin kecil kedalaman penetrasi berarti sungkup helm makin kuat. Kekuatan sungkup helm pengaman pada penelitian dipengaruhi oleh faktor ketebalan dari sungkup helm dan pemakaian bahan penguat *fiberglass mat*.

Dari semua formulasi yang dibuat, tampak bahwa F22 merupakan formulasi terbaik yaitu dengan ketebalan rata-rata 4,823 mm, dan kedalaman penetrasi rata-rata 3,0 mm. Bila dibandingkan dengan sungkup helm pengaman yang ada di pasaran, yang mempunyai ketebalan 5,427 mm dan kedalam penetrasi 8,0 mm, maka sungkup helm pengaman hasil penelitian menunjukkan hasil yang lebih baik daripada sungkup helm pengaman yang ada di pasaran.

Tabel 3. Hasil pengamatan dan pengujian fisis sungkup helm pengaman

Parameter Uji	Syarat Mutu										Master helm
		F10	F11	F12	F20	F21	F22	F30	F31	F32	
Ketahanan penetrasi (mm)	Penetrasi < 10	4,99	4,77	5,77	4,02	5,68	4,82	5,58	5,91	5,61	5,43
Ketahanan nyala api (detik)	Waktu bakar < 60	183,2	187,2	235,6	222,0	150,2	303,2	291,9	150,2	209,8	140,2
Kekakuan (beda defleksi, mm)	A*) maks 40	6,0	5,0	-	6,5	-	4,5	5,0	-	4,5	5,0
	B*) maks 15	0,0	0,5	-	1,0	-	0,0	0,0	-	1,0	1,0
Absorpsi air (penambahan berat, %)	maks 1 %	0,15	0,11	0,08	0,18	0,09	0,02	0,07	0,05	0,11	0,00

*) : A adalah beda defleksi beban 60 kg dengan beban awal 3 kg.

B adalah beda defleksi beban akhir 3 kg dengan beban awal 3 kg.

3. Ketahanan Penetrasi dan Kekuatan Sungkup Helm

Pada pengujian ketahanan penetrasi, beban seberat 2 kg berbentuk silinder berdiameter 32 mm dengan ujung berbentuk kerucut bersudut 60° dijatuhkan dari ketinggian 60 cm dalam daerah radius 6,5 mm dari sumbu vertikal kepala uji, kemudian dilakukan pengukuran jarak antara ujung kerucut dengan permukaan helm.

Data hasil uji ketahanan penetrasi dan kekuatan

4. Ketahanan Terhadap Nyala Api

Struktur silang pada polimer menurunkan nilai *flammability*. Perhitungan *flammability* dilakukan berdasar indeks oksigen, yaitu prosentase oksigen yang dibutuhkan untuk membantu pembakaran (Driver, 1979).

Berdasar tolok ukur JIS T 8131-1977, Safety Helmets, waktu bakar tidak kurang dari 60 detik, maka terlihat bahwa semua formulasi sungkup helm pengaman hasil penelitian waktu bakarnya jauh lebih

lama daripada waktu bakar sungkup helm pengaman yang ada di pasaran. Hal ini disebabkan karena sungkup helm yang ada di pasaran dibuat dari bahan polimer jenis poliolefin (polietilena, polipropilena) maupun polikarbonat, yang tidak mempunyai ikatan silang. Pada polimer dengan ikatan silang, ikatan kimianya lebih kuat dari pada gaya tarik Van Der Waals, sehingga polimer berikatan silang umumnya lebih tahan terhadap panas dari pada polimer tanpa ikatan silang.

5. Kekakuan

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa sampai batas penggunaan bahan inisiator dan aselerator tertinggi yaitu F32, sungkup helm pengaman tidak pecah pada penekanan sampai beban akhir. Ini berarti semua formulasi sungkup helm pengaman masih tahan terhadap beban penekanan maksimal, kecuali pada F12, F21 dan F31, yang pecah pada beban penekanan sebelum beban akhir. Hal ini bukan disebabkan oleh faktor jumlah penggunaan inisiator dan aselerator tetapi lebih dipengaruhi oleh faktor keterampilan tenaga pada proses pencetakan yang dilakukan secara manual sehingga ketebalan tidak merata terutama pada bagian tepi sungkup sebagai penyangga penekanan, yang bila ketebalannya kecil akan menjadikannya sebagai posisi awal retaknya sungkup helm. Dari semua contoh uji, formulasi yang terbaik adalah F22 dengan beda defleksi $a = 4,5$ mm dan beda defleksi $b = 0,0$ mm.

6. Absorpsi Air

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perendaman sungkup helm dalam air dan untuk mengetahui kemungkinan adanya pori-pori halus dari hasil pencetakan sungkup helm pengaman. Uji ini dipersyaratkan oleh JIS T 9131-1977: Safety Helmets, dengan penambahan berat maksimal adalah 1 %. Dari pengujian didapat bahwa semua formulasi memenuhi persyaratan, dan F22 menunjukkan tingkat absorpsi air terkecil, yaitu 0,02 %. Meskipun demikian, jika dibandingkan dengan sungkup helm yang ada di pasaran, masih kurang baik karena sungkup helm hasil penelitian kemungkinan masih ada pori-pori pada saat pencetakan yang disebabkan oleh cetakan karet silikon yang kurang halus sehingga air dapat terjebak dalam pori-pori.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Poliester tak jenuh dapat digunakan sebagai bahan pembuat sungkup helm pengaman.
2. Kenaikan konsentrasi MEK peroksida dan Co-naftanat menyebabkan kenaikan kecepatan reaksi ikatan silang antara polieseter tak jenuh dengan stirena. Meskipun demikian, penggunaan konsentrasi MEK peroksida dan Co-naftanat masing-masing lebih dari 2 phr telah menimbulkan sifat kerapuhan pada helm pengaman.
3. Diantara beberapa formulasi dari penelitian ini, F22 memberikan hasil yang baik yaitu: tidak rapuh, waktu reaksi relatif singkat yaitu 20 menit, dan hasil uji menunjukkan kedalaman penetrasi 4,82 mm, waktu bakar 303,2 detik, beda defleksi $a = 4,5$ mm, beda defleksi $b = 0,0$ mm, dan absorpsi air 0,02 %. Hasil ini lebih baik dari formula yang lain dan helm yang ada di pasaran, dan memenuhi persyaratan dari tolok ukur yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001 a. *Otomotif*, 11(1):14
 , 2001 b. *Otomotif*, 11(2):6
 , 2001 c. *Otomotif*, 11(4):17
- Anonim, 2002. *Laporan Diseminasi Teknologi Pembuatan Barang Interior dan Cinderamata dari Plastik Termoset*, Proyek Pengembangan dan Pelayanan Teknologi Industri Kulit, Karet dan Plastik, Yogyakarta.
- Billmeyer, F.W., 1984. *Textbook of Polymer Science*, John Wiley & Sons, New York.
- Carey, F.A., 1992. *Organic Chemistry*, Mc Graw Hill Inc., New York
- Driver, W.E., 1979. *Plastic Chemistry and Technology*, Van Nostrand Reinhold Co., Texas.
- DuBois, J.H., John, F.W., 1967. *Plastics*, Van Nostrand Reinhold Co., New York.
- Gupta, R.K., 1981. *Hand Book of Small Scale Plastics Industries*, Small Business Publ., Roop Nagar, Delhi.
- ISO 3873-1977. *Industrial Safety Helmets*. International Standard Organization. Switzerland.

JIS T 8131-1977. Safety Helmets. Japanese Standard Association. Tokyo.

Odian, G., 1981. *Principle of Polymerization*, Wiley Interscience Publ., New York.

SNI 19-1811-1990. Helm Pengendara Kendaraan Bermotor Roda Dua Untuk Umum. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta.